ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 MARS 1918.

PRÉSIDENCE DE M. PAUL PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès de Lord *Thomas Brassey*, Correspondant de l'Académie pour la Section de Géographie et Navigation, mort à Londres, le 23 février 1918.

GÉOLOGIE. — *Contributions à la connaissance de la tectonique des Asturies : anomalies au contact du Houiller et du Dévonien d'Arnao.* Note de M. **Pierre Termier**.

La Compagnie Royale Asturienne a longtemps exploité, à Arnao (Asturies), sur le rivage de la Mer cantabrique et même assez loin sous la mer, une couche de houille comprise dans une étroite bande de terrain houiller, bande allongée du Sud-Sud-Ouest au Nord-Nord-Est et entourée de toute part de calcaires, calcschistes et grès dévoniens. Ce Houiller d'Arnao, d'après les végétaux qu'on y a trouvés et qu'a déterminés autrefois Geinitz, paraît un peu plus jeune que le terrain houiller productif du bassin central des Asturies et correspond sans doute au Westphalien supérieur. Le Dévonien, souvent très riche en fossiles, a été rapporté par M. Barrois à l'étage eifélien (calcaire dit d'Arnao à *Spirifer cultrijugatus*). Les deux terrains sont toujours concordants, au contact; mais il y a, dans l'ensemble, un contraste frappant entre l'allure régulière et tranquille du Houiller, faiblement incliné vers le Nord-Ouest, et l'allure tourmentée du Dévonien, fréquemment redressé jusqu'à la verticale. La couche de houille, épaisse de 6^m à 8^m

et formée d'un charbon flambant, voisin des lignites, avait, dans les travaux, une inclinaison habituelle de 15° à 20°. Les traçages sous la mer se sont avancés jusqu'à plusieurs centaines de mètres du rivage et jusqu'à la cote — 205. L'exploitation a été abandonnée en 1910, à la suite de jaillissements nombreux qui faisaient craindre une subite invasion des eaux de la mer dans la mine; on n'a pas osé la reprendre depuis.

J'ai eu l'occasion, au mois de janvier dernier, de passer une dizaine de jours à Arnao et d'étudier les rapports du Dévonien et du Houiller; et j'ai constaté que *le contact des deux terrains est toujours anormal, une zone de roches broyées (ou mylonites) s'intercalant partout entre eux, et les bancs voisins du contact prenant souvent la disposition lenticulaire qui caractérise les étages étirés*. L'épaisseur de la zone mylonitique tombe parfois à quelques mètres; mais elle peut aller à 50^m. La mylonite est faite surtout aux dépens du Dévonien; sur une faible largeur, on voit l'argile noire provenant du broyage des schistes houillers former le ciment des débris dévoniens; à peu de distance de cette *zone de mélange*, le Houiller semble inaltéré et paraît être resté parfaitement tranquille. Le trouble, dans les assises dévoniennes, s'est propagé beaucoup plus loin.

Je donne ici, pour faciliter la description précise de ces phénomènes, une petite carte géologique, levée par moi, et trois coupes transversales du Houiller d'Arnao.

La disposition générale est celle d'un pli couché, fortement couché au Sud-Est. Ce pli va se serrant graduellement vers le Sud-Ouest, et la bande houillère, qui n'a plus qu'une centaine de mètres de largeur près de Santa-Maria-del-Mar, finit en pointe un peu plus loin, au milieu des grès dévoniens, sur le versant de la Loma-de-San-Adriano. La plus grande largeur de la bande, environ 500^m, est par le travers de Las Chavolas; l'épaisseur du Houiller est, là, d'à peu près 150^m, peut-être 170^m. Dans la partie de la mine sous-marine qui s'étend sous la Concha d'Arnao, la puissance totale du Houiller tombe au-dessous de 100^m; elle est bien moindre encore dans la partie de cette mine située au nord-ouest de la Concha d'Arnao, partie qui est séparée de la précédente par un brusque repli anticlinal (coupe III) appelé *la Loma* et dirigé approximativement Sud-Nord. Dans les dépilages et les traçages les plus avancés de cette région Nord-Ouest de la mine, à l'ouest de la Loma, le Houiller n'a peut-être qu'une vingtaine de mètres d'épaisseur, entre la mylonite du mur et la mylonite du toit.

Le pli couché se prolonge en mer, dans la direction du Nord-Nord-Est, jusqu'à une distance inconnue. Au sud du promontoire El Mugaron, il se



Carte géologique du pli couché houiller d'Arnao et coupes géologiques transversales de ce pli. — Sur la carte, le Houiller est désigné par des hachures, le Dévonien a été laissé en blanc; les chiffres 1, 2, ... se rapportent à des détails de la description. — I, coupe par l'église de Santa-Maria-del-Mar; II, coupe par Las Chavolas; III, coupe par le travers de la Concha d'Arnao et par les travaux de la mine. Dans les trois coupes, Houiller en noir, Dévonien représenté par des lignes qui indiquent l'allure générale des bancs, surface de la mer indiquée par une ligne horizontale. Échelle de la carte et des coupes : $\frac{1}{20\,000}$.

divise; et, bien que le Houiller ne soit plus visible aujourd'hui nulle part sous les bâtiments de l'usine à zinc, la topographie et aussi la continuité des phénomènes mylonitiques dans le Dévonien indiquent clairement qu'un synclinal accessoire, contenant du Houiller jusque tout près de la plage de l'usine, s'avance à l'est du promontoire El Cuerno et va, comme le synclinal principal, se perdre en mer. M. Barrois a signalé, d'après les fossiles recueillis dans les calcaires, l'existence d'un troisième synclinal près de Salinas, à l'est du promontoire Requejo, synclinal dont on ne voit que le bord dévonien et qui se cache ensuite sous le Trias. La recherche du Houiller, conseillée par M. Barrois, n'y a jamais été faite.

Je reviens au pli d'Arnao, et au contact anormal du Houiller et du Dévonien. Les régions où les conditions de ce contact sont bien observables ont été marquées des chiffres 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7, sur ma petite carte : 1 est à l'angle Sud-Est de la Concha d'Arnao; 2, à l'angle Nord-Ouest de la même baie; 3, aux environs de l'église de Santa-Maria-del-Mar; 4, sur la route, un peu à l'est de cette église; 5, dans le hameau de Las Chavolas; 6 et 7, le long des assises dévoniennes, très redressées, qui, de Las Chavolas, courent vers la mer, en limitant au Sud le vallon de l'usine à zinc.

Région 1. — Sur la plage même, et tout à côté du pavillon des bains, on voit le Houiller (grès jaunes, schistes noirs et charbon) plongeant faiblement au Nord-Ouest, reposer sur la mylonite. Celle-ci est formée de blocs de calcaire dévonien, cimentés par une argile noire sans consistance qui résulte de l'écrasement du Houiller. Les blocs calcaires y ont toute forme, et toute dimension jusqu'à plusieurs mètres. En suivant la plage vers le Nord, on voit la mylonite se redresser et devenir verticale : c'est un banc de calcaire dévonien complètement brisé, dans les cassures duquel est injectée de l'argile noire. Derrière ce banc il y en a d'autres, cassés de la même façon, ou en fragments plus petits. Comme on s'éloigne du Houiller, l'argile noire disparaît. Il y a des mylonites sans ciment, uniquement formées de débris; et d'autres, avec ciment d'argile rouge, verte ou grise, résultant du broyage de calcschistes dévoniens. Cette zone mylonitique calcaire a au moins 15^{m} d'épaisseur. Entre elle et le Houiller s'intercale une lentille de grès dévoniens, jaunes ou bruns, à cassure blanche. Ces grès forment des rochers qui émergent de la plage et s'en isolent à marée haute. Les bancs de grès plongent de 60° vers l'Ouest : quelques-uns sont des mylonites, entièrement formées de débris de grès; d'autres sont presque intacts. Au total l'épaisseur de la zone mylonitique peut aller à 50^{m}; mais

tous les bancs n'y sont pas à l'état de mylonite. La lentille de grès finit en pointe, au Sud, sous la plage; elle s'élargit, au Nord, sous la mer.

Région 2. — Ici le Houiller s'enfonce sous le Dévonien. Il est localement redressé jusqu'à 80°, au passage de la ride anticlinale Sud-Nord (Loma) reconnue, sous cette même région et à 90^m de profondeur, par les travaux de la mine. Ce redressement est purement local et, dans l'ensemble, Houiller et Dévonien, celui-ci sur celui-là, plongent faiblement au Nord-Ouest. Le contact, redressé à 80°, est bien visible dans la falaise. Il y a 8^m environ d'épaisseur de zone mylonitique, dont 2^m dans le Houiller et 6^m dans le Dévonien. La mylonite houillère est faite de schistes brisés, avec fragments de charbon et de grès; la mylonite dévonienne, de calcschistes gris, cassés, chavirés en tous sens, et de grands débris de calcaire blanc ou rouge, atteignant parfois plusieurs mètres de longueur. Sur cette mylonite reposent des calcschistes rouges, puis des calcaires blancs massifs formant escarpement et s'appuyant, un peu plus loin, sur des bancs à Polypiers qui manquent, par étirement, dans le contact.

Région 3. — Sur la plage, au pied du rocher qui porte l'église de Santa-Maria-del-Mar, la zone mylonitique se suit sur 300^m de longueur, d'abord dans des grès blancs (en venant du Sud), puis dans les calcaires à Encrines qui recouvrent les grès. Les grès forment ici, comme dans la région 1, une lentille entre calcaire dévonien et Houiller. Ces grès sont verticaux, ou plongent fortement vers l'Ouest; quelques bancs plongent à l'Est, ce qui indique que la lentille tout entière est violemment contournée. Il y a des bancs entièrement brisés, où des blocs de grès, chavirés et de forme quelconque, sont noyés dans une poussière du même grès. Sur les grès viennent les calcaires, alternant avec des schistes gris, verts, rouges ou noirs : quelques bancs sont mylonitiques; beaucoup sont tordus et disloqués. L'ensemble de la zone mylonitique a au moins 30^m d'épaisseur. On ne voit pas le Houiller sur la plage; mais il est tout près et s'avance certainement sous les grès qui portent l'église. Il affleure sous les maisons les plus méridionales du village. Dans le chemin muletier qui descend de l'église à la passerelle, les grès dévoniens sont à l'état de mylonite; sous l'église même, ils sont intacts.

Région 4. — A quelque distance à l'est de l'église, dans les tranchées de la route, on observe le contact : le Dévonien, à l'état de schistes gris,

friables, contenant des lits de calcaire gris, repose sur le Houiller. Ce Dévonien est peu incliné. Sur quelques mètres d'épaisseur, les lits calcaires sont brisés, et leurs débris, parfois très gros, s'éparpillent au milieu des schistes broyés. Le Houiller, près du contact, est contourné et disloqué. De là jusqu'à Las Chavolas, la route se tient dans le Houiller, presque partout au voisinage de l'autre bord de la bande. Dans les prairies en contre-bas de la route, affleurent les calcaires dévoniens qui forment ici le mur du Houiller. Dans quelques tranchées de la route, le Houiller, fait de grès jaunes et d'argiles vert sale, est très incliné ou même vertical; vers la fin de la montée, il redevient presque horizontal.

Région 5. — Les maisons les plus orientales de Las Chavolas sont sur les mylonites calcaires, résultant de l'écrasement de calcaires dévoniens très redressés, dirigés Nord-60°-Est et plongeant, au Nord-Ouest, sous le Houiller. Cette zone mylonitique calcaire s'appuie, au Sud, à une zone de grès jaunes et rouges, également mylonitique, bien visible dans la partie de la route qui est dirigée de l'Ouest à l'Est et précède le grand tournant. Au total, il y a, dans ce Dévonien, des mylonites sur plus de 50^{m} d'épaisseur. L'écrasement, comme partout, est variable et inégal. Au delà du grand tournant, la route, descendant vers le Sud, traverse des grès et schistes dévoniens contournés, altérés, mais non mylonitiques.

Région 6. — Les calcaires dévoniens de Las Chavolas, verticaux ou très redressés, se poursuivent jusqu'au vallon d'Arnao, affleurant dans les prés ou sous les maisons. Le Houiller est à peu de distance au Nord. Ces calcaires sont souvent à l'état de mylonite, avec zones schisteuses laminées séparant les bancs mylonitiques. Tout cela est très visible dans le village ouvrier, près de la bifurcation de la route. La zone gréseuse, au mur des calcaires, affleure sur les deux rives du ruisseau; elle est ici régulière et à peu près sans mylonites.

Région 7. — Plus loin à l'Est, le long du mur méridional de l'usine à zinc, les calcaires dévoniens blancs et rouges, prolongement de la bande de Las Chavolas, plongent vers l'usine sous un angle de 60° en moyenne. Ces calcaires, qui alternent avec des calcschistes, renferment une quantité prodigieuse de fossiles (surtout des Polypiers). Quelques bancs sont mylonitiques. La direction devient graduellement Nord-Nord-Est. De l'autre côté de l'usine, un tunnel de décharge à la mer a recoupé une autre zone

mylonitique, où les bancs de calcaire dévonien du Pical, verticaux, sont entièrement cassés, avec débris noyés dans de l'argile. En sortant de l'usine par le Nord-Ouest, on voit ces calcaires se raplanir et plonger au Sud-Est : preuve manifeste que le vallon de l'usine correspond à un synclinal, dans l'intérieur duquel le Houiller s'avance plus ou moins loin, caché par les constructions et les remblais.

Les travaux de mines, dans le Houiller d'Arnao, ont plusieurs fois touché, soit au mur, soit au toit du Houiller, un *mélange d'argile noire ou grise inconsistante et de blocs de calcaire dévonien,* mélange qui n'est autre que la mylonite. Dans les recherches faites au sud-ouest de Santa-Maria-del-Mar, un puits, au mur de la couche, a trouvé, à 9^m de profondeur, des *argiles bigarrées avec boules de calcaire*. Dans toute la région sous-marine à l'ouest de la Loma, le Houiller, très aminci, était *compris entre deux mélanges semblables;* et ces mylonites, dont on ignorait alors la véritable nature, venaient presque au contact de la couche de houille, dont le toit ordinaire, formé de schistes, et le mur habituel, formé de grès, étaient supprimés.

La *mylonitisation* du Dévonien, au contact du Houiller d'Arnao, est donc un phénomène général; c'est là un fait d'une très haute importance, qui éclaire subitement tout un chapitre de l'histoire tectonique des Asturies.

CYTOLOGIE. — *Sur la nature du chondriome et son rôle dans la cellule.* Note [1] de M. **P.-A. Dangeard.**

En consultant les travaux récents sur le chondriome et son rôle dans la cellule végétale et dans la cellule animale, on serait tenté de croire que ce système est admirablement connu : les éléments qui le constituent, désignés sous le nom de *mitochondries* quand ils sont arrondis, de *chondriocontes* quand ils ont l'aspect filamenteux, de *chondriomites* quand ils affectent la forme en chapelet, seraient des éléments vivants, se multipliant par division comme le noyau : ils donneraient naissance aux amyloplastes, chloroplastes et chromoplastes divers; d'un autre côté, la plupart des produits d'élaboration de la cellule (corpuscules métachromatiques, huile, amidon, anthocyane, etc.) se formeraient grâce au chondriome fonctionnant comme partie vivante de la cellule.

---

[1] Séance du 11 mars 1918.

Des observations poursuivies depuis plusieurs années m'ont conduit à une manière de voir très différente que je vais exposer brièvement.

On peut distinguer dans une cellule végétale en activité :

Le cytoplasme, substance d'apparence homogène contenant d'une manière très générale, ainsi que j'ai pu m'en assurer, de petits corpuscules réfringents sphériques auxquels on peut appliquer l'ancien nom de *microsomes*, bien que ce nom ait servi dans le passé à désigner des granulations mal définies.

Ces microsomes, lorsque le système vacuolaire atteint un certain développement, circulent activement à l'intérieur du cytoplasme, dans des directions très variables; en se déplaçant, ils viennent souvent buter les uns contre les autres et se groupent de façon à simuler l'apparence de diplocoques, de streptocoques ou de staplocylocoques, puis ces éléments reprennent leur course, parfois en sens inverse.

Cette association temporaire des microsomes entre eux rend très difficile la recherche de leur origine.

En effet, lorsque deux corpuscules associés au contact s'éloignent l'un de l'autre, il est presque impossible de dire s'il s'agit d'une bipartition ou d'une simple séparation.

La même incertitude règne sur leur rôle : on pourrait croire, particulièrement lorsqu'on étudie le mycélium des champignons, que certains d'entre eux, en nombre plus ou moins grand, peuvent se transformer directement en globules d'huile de grosseur variable; mais, là encore, la preuve de cette transformation est difficile à fournir.

Quoi qu'il en soit, je note ici que les globules d'huile sont en général des inclusions cytoplasmiques, alors que certains auteurs les ont situés à l'intérieur des plastes.

Si l'on fait abstraction du noyau qui a été étudié si souvent, la cellule végétale renferme encore deux sortes de formations : le *plastidome* et le *chondriome*.

Le *plastidome* est constitué par l'ensemble des plastides ou plastes : ces plastes, connus depuis longtemps, sont des éléments vivants, se multipliant comme le noyau, soit par simple bipartition, soit peut-être aussi par fragmentation en plusieurs parties; autant qu'on peut l'affirmer, ils ne sont jamais formés de *novo*, mais proviennent toujours d'autres éléments préexistants. Ce sont ces plastes qui, suivant leur nature, ont reçu le nom de *chloroplastes*, *de chromoplastes*, d'*amyloplastes*, etc.; la formation de l'amidon, celle de la chlorophylle, de la xanthophylle, de la carotine, sont sous leur dépendance directe, comme on le sait depuis longtemps.

La forme de ces plastes est ordinairement celle de petits disques; mais elle varie dans de larges limites, car on trouve des plastes qui ont l'aspect de filaments, de rubans, de cloches, etc.

La plus grande erreur des histologistes, dans ces dernières années, est d'avoir confondu le chondriome et les mitochondries avec le plastidome et les plastes; c'est du moins ce que je vais essayer de prouver.

Le *chondriome*, qui a fait l'objet de tant de travaux, doit, à mon avis, être envisagé autrement qu'on ne l'a fait jusqu'ici : on peut le définir « l'ensemble du système vacuolaire sous ses aspects variés et successifs » ; ce sont quelques-uns de ces aspects, désignés sous les noms de *mitochondries*, de *chondriocontes* et de *chondriomites*, qui ont fait croire à des relations d'origine avec les plastes; c'est également par suite de cette fausse interprétation que l'on a attribué la formation d'anthocyane et celle des corpuscules métachromatiques à des plastes.

Examinons la question de très près, car elle est d'importance capitale, qu'il s'agisse d'interpréter la structure de la cellule ou de comprendre le fonctionnement de ses diverses parties.

Tout d'abord, j'ai établi que le système vacuolaire, à ses différents états, et chez toutes les plantes, renfermait en solution plus ou moins épaisse une substance (la métachromatine) qui possède ce caractère général de se colorer en rouge par un colorant vital bleu, comme le bleu de Crésyl, celui que j'emploie de préférence.

Cette propriété est extrêmement précieuse puisqu'elle permet de séparer nettement, sans confusion possible, le *plastidome* du *chondriome :* le chondriome, en effet, se colore intensivement par le colorant vital, alors que le cytoplasme, le noyau et les plastes restent incolores.

Lorsque le plastidome et le noyau montrent un début de coloration, cette coloration indique que la cellule entre en dégénérescence; les microsomes sont alors agités de mouvements browniens.

En faisant agir le colorant vital d'une façon mesurée, la vie de la cellule n'est en rien modifiée et les microsomes continuent de circuler normalement dans le cytoplasme pendant plusieurs heures; des cellules d'*Elodea Canadensis* colorées métachromatiquement présentaient encore, au bout d'une semaine, leur mouvement de circulation bien connu.

Cette remarque était peut-être nécessaire pour répondre d'avance aux objections de ceux qui seraient tentés de croire que les différents aspects du système vacuolaire que je vais signaler sont dus à l'action du colorant vital : celui-ci facilite simplement l'observation du chondriome dont on

peut le plus souvent suivre les transformations dans la cellule non colorée : la concordance des résultats est absolue.

Il s'agit maintenant de démontrer que le chondriome de la cellule est tout à fait indépendant du plastidome, contrairement à l'opinion de la plupart des histologistes.

On constate, en premier lieu, que mitochondries, chondriocontes, chondriomites et vacuoles ordinaires sont constitués au même titre par de la métachromatine qui se teint en rouge par le colorant vital, à l'exclusion de toute autre partie de la cellule, cytoplasme, noyau et plastes (*fig.* A).

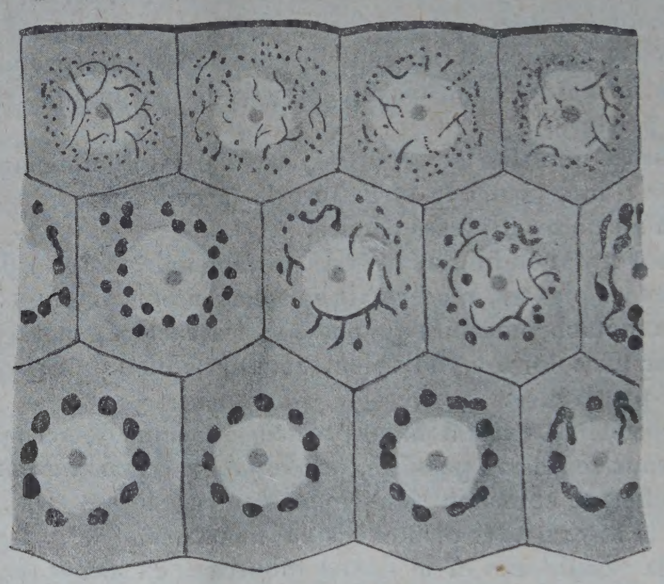


Fig. A — Coloration vitale du chondriome dans un jeune pétale de Tulipe.

Cette preuve de la parenté du chondriome et des vacuoles ordinaires, méconnue jusqu'ici ne suffirait peut-être pas, à elle seule, pour entraîner l'adhésion générale; mais je puis en fournir une autre qui est décisive.

Cette preuve consiste à suivre, dans la cellule vivante, les transformations des éléments du chondriome les uns dans les autres, pour arriver finalement aux vacuoles ordinaires.

C'est ce que j'ai réussi à faire, en utilisant un très jeune pétale de Tulipe, à l'aide d'une coloration vitale au bleu de Crésyl et dans des conditions qui défient toute controverse sérieuse (*fig.* B).

En 1, on voit un canalicule métachromatique en forme de T renversé, qui prend la forme d'un V dont les branches s'écartent, se recourbent et s'allongent; ces branches finalement se dissocient en globules (mitochondries) et en bâtonnets (chondriocontes).

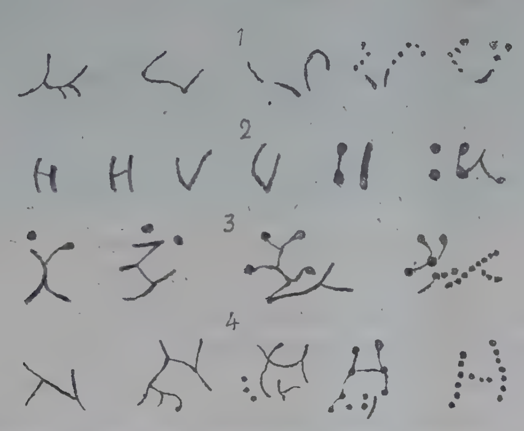


Fig. B. — Les transformations successives des éléments mitochondriaux dans un jeune pétale de Tulipe.

Dans la figure 2, on voit deux fins canalicules métachromatiques réunis par une anastomose : cette forme en H fait place à un aspect en V dont les deux branches redeviennent parallèles; l'une d'elles se renfle à ses extrémités alors que la seconde se ramifie et isole des sphérules.

Les transformations représentées figures 3 et 4 se comprennent d'elles-mêmes : ainsi que les précédentes, elles sont extrêmement rapides : entre le premier aspect et le dernier, il ne s'écoulait pas plus de 15 à 20 secondes.

Fréquemment, les sphérules à leur tour se prolongent en fins canalicules qui se relient à d'autres, se séparent, s'éloignent, se groupent, se fusionnent et cela sous les yeux de l'observateur.

Il est absolument impossible de considérer plus longtemps ces éléments du chondriome comme formés par des plastes ou des générateurs de plastes; mitochondries, chondriocontes et chondriomites se transforment quelquefois presque instantanément les uns dans les autres, se ramifient et s'anastomosent en un fin réseau; on ne connaît rien de pareil pour les plastes.

D'un autre côté, j'ai montré depuis longtemps déjà que, dans de nombreuses espèces appartenant à tous les groupes du règne végétal, on pouvait suivre également et plus facilement encore la transformation directe de ces éléments du chondriome en vacuoles ordinaires; cette transformation

ressort déjà, d'un simple coup d'œil sur des épidermes jeunes comme celui des pétales de *Geranium* (*fig.* C) : que les cellules soient colorées ou non

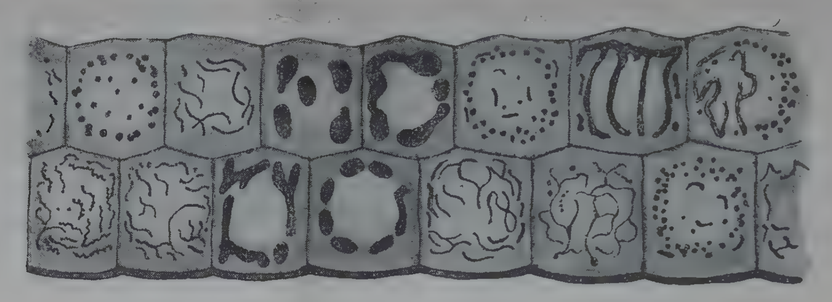


Fig. C. — Le chondriome dans l'épiderme d'un jeune pétale de *Geranium*.

par l'une quelconque des méthodes mitochondriales, l'aspect reste le même; tous les stades de la transformation observés et suivis sur la cellule vivante se retrouvent au grand complet.

Si l'ensemble des mitochondries, chondriocontes et chondriomites donne ainsi naissance au système vacuolaire ordinaire, ce qui n'est pas contestable, il ressort de là que ces éléments n'ont rien à voir avec l'origine des différents plastes, comme on nous l'affirme.

Ces éléments, d'un autre côté, ne sauraient eux-mêmes être considérés comme des plastes : l'histoire de leurs rapides transformations de la forme globuleuse à celle d'un réseau et inversement, la fusion irrégulière de ces divers éléments et leur dissociation ultérieure, leur constitution qui est semblable à celle des vacuoles ordinaires, sont autant de preuves convaincantes d'une distinction absolue entre le chondriome et le plastidome.

Dans le chondriome, à tous les âges de la cellule, c'est toujours la même solution de métachromatine qui se trouve distribuée aux endroits de moindre résistance dans le cytoplasme. Cette métachromatine est transmise d'une cellule à l'autre, lors de la division cellulaire; selon toute probabilité, elle agit ensuite électivement vis-à-vis de celle qui est élaborée par le cytoplasme; elle se l'incorpore donc au fur et à mesure de sa production ou de son arrivée comme pour le colorant vital.

Cette propriété élective, accompagnée d'un pouvoir osmotique, est très remarquable; elle m'a permis d'expliquer l'apparition de l'anthocyane dans le système vacuolaire, anthocyane qu'on supposait formée dans des sortes de plastes qui seraient venus se jeter ensuite dans les vacuoles.

En réalité, la métachromatine des vacuoles accumule l'anthocyane, au

fur et à mesure de sa formation dans la cellule, comme elle le fait pour le colorant vital : c'est ainsi que non seulement les feuilles de teinte rouge, mais aussi les pétales de nombreuses fleurs ont leur chondriome coloré électivement par l'anthocyane: celle-ci apparaît à un stade quelconque, aussi bien dans les mitochondries et chondriocontes que dans les grandes vacuoles de la cellule âgée.

Une seconde propriété de la métachromatine nous révèle l'origine des corpuscules métachromatiques qui provenaient, croyait-on, de plastes mitochondriaux; ceux-ci auraient pénétré dans les vacuoles où la croissance des corpuscules métachromatiques se serait continuée un certain temps.

J'ai fourni la preuve que les corpuscules en question se forment dans les vacuoles, sans l'intervention de plastes, aux dépens de la solution de métachromatine qui se précipite en globules de grosseur variable sous l'action d'un colorant vital ou mieux d'un fixateur comme l'alcool absolu; ces corpuscules se dissolvent à nouveau lorsqu'on les replace dans l'eau, mais divers réactifs comme le bichromate de potasse les rendent insolubles.

On a ainsi l'explication d'une quantité de corpuscules se colorant par l'hématoxyline ferrique et nombre d'autres méthodes, corpuscules sur lesquels jusqu'ici les histologistes n'avaient aucun renseignement précis, et qu'ils avaient confondu, soit avec les microsomes, soit avec d'autres formations.

La métachromatine du chondriome est imprégnée à différents degrés, selon les plantes considérées, de lipoïdes, de tanins, etc.; aussi brunit-elle assez fréquemment et noircit même quelquefois, sous l'action de l'acide osmique; celui-ci, comme l'alcool absolu, produit alors une précipitation des corpuscules métachromatiques (Vigne, Rosier, Châtaignier, Chêne, etc.).

J'ai représenté dans la figure D les divers aspects du système vacuolaire sur le vivant (1, 2, 4, 6) et l'apparence du même système après précipitation de la métachromatine en corpuscules par un fixateur comme l'acide osmique (1, 3, 5, 7). On constate que le chondriome jeune subit peu de changements : tout au plus les chondriocontes peuvent-ils prendre l'aspect de chondriomites : si les vacuoles sont petites, chacune d'elles, après fixation, renferme un ou deux corpuscules (3); si ces vacuoles sont plus grandes, elles en contiennent beaucoup (5); avec une très grande vacuole unique, on obtient de nombreux globules, souvent assez gros.

Remarquons que parmi les méthodes recommandées pour l'étude des mitochondries, celles d'Altmann, de Meves, de Sjöwall, font intervenir l'acide osmique dans le mélange fixateur : il est facile de se rendre compte,

après ce que je viens de dire, au sujet de la précipitation de la métachromatine de sa solution, du grand nombre d'erreurs commises dans l'étude de l'histologie cellulaire : ces erreurs seront désormais facile à éviter et personne ne croira plus à la fameuse théorie granulaire d'Altmann.

Au lieu d'employer pour l'étude de la distribution de la métachromatine dans la cellule les mélanges osmiés, on peut également se servir comme fixateurs du picro-formol, du bichromate de K, de l'acide chromique, de la

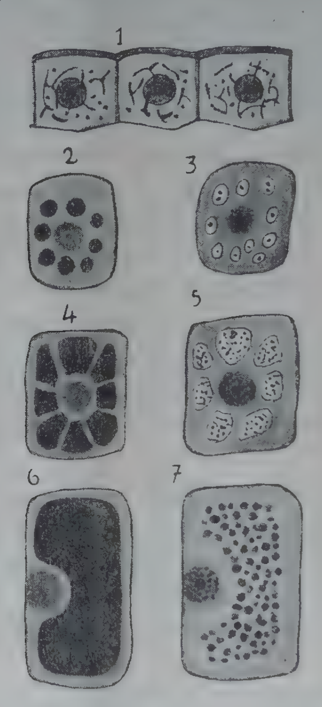


Fig. D. — Comparaison entre le chondriome de la cellule vivante et la même formation après précipitation par les réactifs des corpuscules métachromatiques.

méthode de Regaud, etc.; comme colorant vital, le vert Janus, recommandé pour le chondriome de la cellule animale, donne aussi de bons résultats en ce qui concerne la cellule végétale.

Cette énumération des réactifs de la métachromatine suffit à montrer que, dans tout ce qui précède, il s'agit bien du chondriome des auteurs.

Comme la distinction entre le plastidome et le chondriome n'avait jamais été faite jusqu'ici d'une manière nette, il en résulte que, dans beaucoup de travaux, les histologistes ont mélangé les deux systèmes : des rectifications nombreuses sont nécessaires.

THERMODYNAMIQUE. — *Formule donnant la tension de la vapeur saturée d'un liquide diatomique.* Note [1] de M. E. ARIÈS.

Il était tout indiqué d'étendre aux corps diatomiques l'étude de la tension de la vapeur saturée que nous venons de terminer sur les corps monoatomiques. La méthode à suivre est évidemment la même; elle consiste à déterminer tout d'abord l'exposant n de T dans l'équation d'état, en y supposant constants, comme première approximation, les covolumes α et β. Dans cette hypothèse, la tension de la vapeur saturée se calcule au moyen du système des deux équations

$$(1) \qquad \Pi = \tau Z, \qquad x = \tau^{n+1}.$$

Comme pour les corps monoatomiques, il n'existe aucune valeur de n qui puisse faire représenter à ces équations les tensions relevées par l'expérience; mais les essais que nous avons tentés à ce sujet nous ont conduit d'une façon frappante aux mêmes remarques importantes et à cette conclusion que la seule valeur convenable de n devait être $\frac{3}{4}$ pour les corps diatomiques, quitte à abandonner l'hypothèse des covolumes constants, et à considérer ces quantités comme des fonctions de la température.

Revenant alors à la formule rationnelle qui donne la tension de la vapeur saturée

$$(2) \qquad \Pi = \tau^{2+\frac{3}{4}} \frac{Z}{x}, \qquad x = \frac{\gamma}{\gamma_c} \tau^{1+\frac{3}{4}} = \Gamma \tau^{1+\frac{3}{4}},$$

il ne restait plus qu'à déterminer, par le procédé déjà indiqué [2], la dernière inconnue du problème, c'est-à-dire la fonction de τ que nous désignons par Γ.

Pour opérer avec toutes les garanties désirables, il fallait, autant que possible, se reporter à des corps expérimentés par un seul et même observateur sur une assez grande étendue, depuis les températures et pressions les plus basses jusqu'au point critique. L'oxyde de carbone et surtout le chlore nous ont paru remplir d'une façon plus particulière les conditions voulues.

---

[1] Séance du 11 mars 1918.

[2] *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 293.

La tension de la vapeur du chlore, partant de $3^{cm},75$ de mercure pour atteindre $93^{atm},3$ au point critique, a été déterminée (Knietsch, 1890) à trente et une températures régulièrement échelonnées sur 234° C. (de −88° à +146°). La tension de la vapeur de l'oxyde de carbone, variant de $1^{atm},0$ à $35^{atm},5$, a été prise (Olszewski, 1885) à huit températures notablement plus espacées, entre −190° C. et la température critique, −139°,5. Ces tensions de vapeur et les températures correspondantes, qui nous sont fournies par le *Recueil de Constantes physiques*, 1913, p. 284 et 286, sont consignées sur le Tableau qui suit : nous n'avons pris que de deux en deux les tensions et températures concernant le chlore, qui sont très rapprochées.

Ces données peuvent servir à calculer pour les deux corps, et à chaque température d'observation, la valeur que doit prendre la fonction Γ, pour que le système des deux équations (2) donne une représentation exacte des faits d'expérience. Toujours, comme pour les corps monoatomiques, cette valeur, supérieure à l'unité aux plus basses températures, décroît régulièrement à mesure que la température s'élève, passe au-dessous de l'unité en s'en écartant très peu à partir de la température réduite $\tau = 0,86$ environ, pour reprendre nécessairement la valeur $\Gamma = 1$ à la température critique; ce qui conduit, pour les raisons déjà données, à faire l'essai de la formule

$$\Gamma = 1 + \frac{(1-\tau)(0,86-\tau)}{A\tau^2 + B}. \tag{3}$$

Pour déterminer les constantes A et B, il suffit de remplacer successivement, dans cette dernière formule, Γ par les valeurs calculées se rapportant à deux températures d'observation, relatives au chlore, par exemple. On obtient ainsi les deux équations nécessaires et fort simples qu'il s'agit de résoudre.

Le choix à faire de ces deux températures n'est pas indifférent pour obtenir une bonne détermination des constantes A et B, car les températures très basses, comme celles qui sont très élevées, se prêtent facilement à des erreurs d'observation. En choisissant pour le chlore les températures moyennes $\tau = 0,6158$ et $\tau = 0,7472$, on trouve respectivement 1,1204 et 1,0340 pour les valeurs calculées de Γ, ce qui donne $A = 0,353$ et $B = 0,642$. En sorte que la formule (3) devient définitivement, au moins pour le chlore,

$$\Gamma = 1 + \frac{(1-\tau)(0,86-\tau)}{0,353\,\tau^2 + 0,642}. \tag{4}$$

Cette formule, jointe, sans aucune retouche, aux équations (2) pour les

appliquer au calcul de la tension de vapeur, non seulement du chlore mais aussi de l'oxyde de carbone, donne pour ces tensions aux différentes températures expérimentées, les valeurs qui figurent dans le Tableau suivant :

Température absolue T.	Température réduite τ.	Tension de la vapeur saturée réduite. $\Pi_{obs.}$	Tension de la vapeur saturée réduite. $\Pi_{calc.}$	Tension en centimètres de mercure ou en atmosphères. $P_{obs.}$	Tension en centimètres de mercure ou en atmosphères. $P_{calc.}$
Chlore ($T_c = 419$; $P_c = 93^{atm},5$).					
185	0,4415	0,00053	0,00061	cm 3,75	cm 4,33
203	0,4845	0,0017	0,0020	11,8	14,2
223	0,5322	0,0049	0,0057	35,0	40,5
235,4	0,5618	0,0107	0,0100	76,0	71,1
248	0,5919	0,0160	0,0158	atm 1,50	atm 1,48
258	0,6158	0,0239	0,0239	2,23	2,23
268	0,6396	0,0336	0,0337	3,14	3,15
278	0,6635	0,0455	0,0464	4,25	4,33
288	0,6874	0,0615	0,0625	5,75	5,84
298	0,7112	0,0816	0,0827	7,63	7,73
313	0,7472	0,123	0,123	11,50	11,50
333	0,7947	0,199	0,198	18,60	18,51
353	0,8425	0,304	0,305	28,40	28,49
373	0,8902	0,446	0,453	41,70	42,35
393	0,9379	0,646	0,653	60,40	61,00
403	0,9618	0,766	0,771	71,60	72,07
Oxyde de carbone ($T_c = 133,5$; $P_c = 35^{atm},5$).					
83,0	0,6217	0,0282	0,0262	atm 1,0	atm 0,93
100,8	0,7551	0,130	0,133	4,6	4,71
104,8	0,7850	0,178	0,180	6,3	6,37
117,3	0,8787	0,417	0,414	14,8	14,69
121,0	0,9064	0,510	0,515	18,1	18,28
124,2	0,9303	0,606	0,616	21,5	21,85
127,7	0,9566	0,724	0,745	25,7	26,40

Les écarts entre les tensions observées et les tensions calculées sont, e général, du même ordre de grandeur que ceux précédemment reconnus dans la vérification de la formule proposée pour les corps monoatomiques.

C'est déjà un premier résultat assez remarquable. Malheureusement nos connaissances sur les tensions de vapeur des corps diatomiques sont encore très bornées, tronquées, incertaines, et ne permettent pas de soumettre à une épreuve suffisamment concluante les formules (2) et (4), considérées comme s'appliquant indistinctement à tous les corps diatomiques. Ce n'est d'ailleurs que toujours sous réserve qu'il convient d'adopter la formule (3) comme expression de la fonction Γ. La forme définitive à donner à cette fonction ne pourra se préciser qu'en la basant sur un assez grand nombre d'observations concordantes, se contrôlant les unes les autres et concernant, non seulement les corps diatomiques, mais encore les corps ayant les compositions chimiques les plus variables et les plus complexes.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Mécanique, en remplacement de M. *H. Léauté*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 47,

M. Gabriel Kœnigs	obtient	34 suffrages
M. Jean Resal	»	12 »
M. Augustin Mesnager	»	1 suffrage

M. **Gabriel Kœnigs**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le Commandant **Jean Tilho**, élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **Jean Perrin** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Physique, par le décès de M. *E.-H. Amagat*.

MM. Robert Esnault-Pelterie, Maurice Prud'homme, Jean Rey prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats aux places de la Division, nouvellement créée, des *Applications de la Science à l'Industrie*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence et la divergence des séries à termes réels et positifs*. Note de M. **Mladen T. Beritch**, présentée par M. Appell.

Parmi les problèmes qui se laissent résoudre à la fois par les équations algébriques ou transcendantes et par les séries infinies, nous considérerons l'un des plus simples : le mouvement de deux points M et N le long d'une même ligne; le mouvement du point M étant uniforme et celui du point N représenté par la formule $s = f(t)$.

Désignons par T_0 l'instant où la distance MN sera o, et par T_1 l'instant où la distance MN sera égale à la vitesse du point M que nous prenons pour unité; soit $T = T_0 - T_1$. A l'instant T_1, soient M au point A, N au point B; quand M venant de A arrive en B, le point N partant de B parvient en un certain point C; quand M venant de B arrive en C, N partant de C arrivera en un certain point D; etc. Le chemin parcouru par M dans l'intervalle de temps T sera la somme de la série

$$(1)\qquad AB + BC + CD + \ldots = \sum a_n \qquad (a_n = HI),$$

la vitesse de M étant l'unité, ce chemin sera numériquement représenté par T; T sera d'ailleurs la racine de l'équation

$$(2)\qquad T = 1 + f(T).$$

Premier exemple. — Soit $f(t) = \alpha t$, où $\alpha > 0$. La série (1) est la série géométrique

$$(1^{bis})\qquad T = 1 + \alpha + \alpha^2 + \ldots = \sum \alpha^k.$$

La formule (2) devient

$$(2^{bis})\qquad T = 1 + \alpha T, \qquad \text{d'où} \qquad T = \frac{1}{1-\alpha}.$$

a. Si $\alpha < 1$, la série (1bis) est convergente, les deux valeurs de T coïncident;

b. Si $\alpha = 1$, la série (1bis) est divergente, $T = \infty$, les deux valeurs de T coïncident;

c. Si $\alpha > 1$, la série (1bis) est divergente, les *deux points mobiles ne se rencontreront pas; l'instant* T_0 *est antérieur à l'instant* T_1; T *est négatif*. Si dans ce cas-là on changeait le sens des deux mouvements on en obtiendrait une nouvelle série $\sum \frac{1}{\alpha^k}$ qui est convergente, dont la somme est $\frac{1}{\alpha - 1} = -T$; donc T est négatif. La formule (2bis) donne aussi pour T une valeur négative. Les deux valeurs de T coïncident.

Donc la valeur de T calculée par la formule (2bis) dans les trois cas représente, d'après la définition de T, la valeur de T qui correspond à la série (1bis). Cette valeur de T a été dans les cas *a* et *b* la somme de la série (1bis). *En vertu du principe de permanence, la valeur de* T *calculée par la formule* (2bis) *représente la somme de la série* (1bis).

Deuxième exemple. — Soit $f(t) = \alpha t + \beta t^2$ où $\alpha > 0$, $\beta > 0$. Soit t_n l'intervalle de temps nécessaire au point M pour arriver en H en partant de A, la série (1) sera

$$(1^{ter}) \qquad T = \sum a_n = \sum \left\{ \left[1 + \frac{\alpha - 1}{2} t_n \right]^2 + \left[\beta - \left(\frac{\alpha - 1}{2} \right)^2 \right] t_n^2 \right\}.$$

La formule (2) sera

$$(2^{ter}) \qquad T = 1 + \alpha T + \beta T^2.$$

a. $\alpha - 1 < 0$ et $\beta - \left(\frac{\alpha - 1}{2}\right)^2 < 0$. — Dans l'intervalle de temps

$$\left(T_1, T_1 + \frac{2}{1 - \alpha} \right)$$

il y aura un instant où a_n sera nul; t_n sera $T < \frac{2}{1 - \alpha}$. Les deux valeurs de T coïncident. La construction graphique des deux chemins en fonction du temps montre que l'indice n de t_n et a_n tend vers ∞ quand α_n tend vers zéro.

b. $\alpha - 1 < 0$ et $\beta - \left(\frac{\alpha - 1}{2}\right)^2 = 0$. — a_n sera 0 si $t_n = T = \frac{2}{1 - \alpha}$. Les deux valeurs de T coïncident.

c. $\alpha - 1 < 0$ et $\beta - \left(\frac{\alpha - 1}{2}\right) > 0$. — a_n ne devient jamais 0, mais il décroît quand t_n croît de zéro jusqu'à $t_n = \frac{1 - \alpha}{2\beta}$; à cet instant t_n, il y aura un terme minimum; après cet instant t_n, a_n recommence à croître et croît jusqu'à ∞. La série (1ter) est *la série asymptotique*.

Les deux courbes qui représentent les mouvements de deux points se rapprochent jusqu'à un certain point, puis s'éloignent. Dans ce cas-là, les deux courbes se coupent en deux points imaginaires conjugués qui sont hors du plan (réel) des deux courbes (l'un au-dessus, l'autre au-dessous). Ces deux points imaginaires conjugués et leur partie réelle se rapprochent du point, où la distance des deux courbes est minimum, quand cette distance diminue; ils se confondent avec ce point quand les deux courbes se touchent. Donc $t_n = T$ est imaginaire. En faisant la sommation de la série (1ter) jusqu'au terme minimum, le résultat se rapprochera de la vraie valeur de la partie réelle de $t_n = T$, quand cette distance diminue; il devient égal à la vraie valeur, quand cette distance devient zéro (le cas *b*).

d. Si $\alpha - 1 > 0$ le terme a_n ne deviendra ni zéro ni minimum pour une valeur de $t_n > 0$. L'instant T_0 n'est plus postérieur, mais antérieur à l'instant T_1; $t_n = T$ est négatif.

Dans tous ces cas les deux formules (1ter) et (2ter) coïncident.

Donc la valeur de T calculée par la formule (2ter) dans tous les cas représente, d'après la définition de T, la valeur T qui correspond à la série (1ter). Cette valeur de T a été dans les cas *a* et *b* la somme de la série (1ter). *En vertu du principe de permanence la valeur de* T *calculée par la formule* (2ter) *représente la somme de la série* (1ter).

La formule (2ter) donne deux valeurs de T; les deux courbes ont deux points d'intersections, il y a deux instants T_0 et deux valeurs de T. *La série* (1ter) *a donc deux sommes*.

On peut construire une série qui aura trois sommes; ou une série qui aura un nombre quelconque de sommes, ce nombre peut être fini ou infini. On pourra enfin construire une série qui n'a pas de somme, en choisissant $f(t)$ de telle manière que la fonction $1 + f(t) - t$ n'ait pas de zéros. Excepté ce dernier cas, *une série à termes réels et positifs a toujours une ou plusieurs sommes dont une peut être infinie*. Une série, dite *divergente*, à termes réels et positifs a une somme réelle négative, ou imaginaire ou enfin infinie; dans ce dernier cas, la série est le développement d'une fonction au voisinage d'un pôle ou de certaines autres singularités.

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'intervention de la géométrie des masses dans certains théorèmes concernant les surfaces algébriques.* Note de M. A. BUHL, présentée par M. G. Humbert.

En un point $m_i(x_i, y_i, z_i)$ d'une surface quelconque, considérons l'élément superficiel $d\sigma_i$, de normale dirigée par les cosinus α_i, β_i, γ_i, sur les faces duquel nous étendrons des couches ayant des densités respectives $\pm\eta(x_i, y_i, z_i)$. Pour cette double couche, le moment d'inertie, par rapport à O, sera

$$\eta(x_i, y_i, z_i)(\alpha_i x_i + \beta_i y_i + \gamma_i z_i)\, d\sigma_i, \tag{1}$$

ceci à un facteur constant près, qu'on peut supposer compris dans η et qui, explicité, permettrait de satisfaire aisément aux conditions d'homogénéité [1].

D'après un raisonnement qui a déjà joué un rôle étendu dans mes travaux et sur lequel je suis revenu dans mes Notes du 28 janvier et du 11 février, je considérerai encore le cône de sommet O passant par le contour de $d\sigma_i$ et découpant $d\sigma$, en $m(x, y, z;\ \alpha, \beta, \gamma)$, sur une autre surface dite *surface* (σ). Alors, si ρ_i est le rapport de Om à Om_i, on a

$$\rho_i^3(\alpha_i x_i + \beta_i y_i + \gamma_i z_i)\, d\sigma_i = (\alpha x + \beta y + \gamma z)\, d\sigma.$$

Ceci permet, étant donnée une surface *algébrique*,

$$\varphi_m + \varphi_{m-1} + \ldots + \varphi_1 + \varphi_0 = 0, \tag{2}$$

puis le cône OC, de sommet O, de directrice fermée C tracée sur (σ), découpant sur (2) m cloisons chargées des doubles couches ci-dessus définies, de représenter le moment d'inertie, par rapport à O, de cet ensemble de m doubles couches, par l'expression

$$\iint_\sigma \left[\sum \frac{1}{\rho_i^3}\eta\left(\frac{x}{\rho_i}, \frac{y}{\rho_i}, \frac{z}{\rho_i}\right)\right](\alpha x + \beta y + \gamma z)\, d\sigma, \tag{3}$$

---

[1] Pour plus de détails sur cette nature de l'expression (1), voir mon Mémoire *Sur les applications géométriques de la formule de Stokes* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1910, p. 67).

où les ρ_i sont racines de

$$(4)\qquad \left(\frac{1}{\rho_i}\right)^m \varphi_m(x, y, z) + \left(\frac{1}{\rho_i}\right)^{m-1} \varphi_{m-1}(x, y, z) + \ldots + \varphi_0 = 0.$$

Si la densité η est rationnelle, le crochet de (3) l'est aussi. Si η était *constante*, on retrouverait, en (3), les sommes abéliennes de volumes coniques déjà étudiées en de précédentes publications. Nous étudions donc ici des volumes généralisés d'assez curieuse manière.

Soit maintenant

$$\eta(x_i, y_i, z_i) = (x_i^2 + y_i^2 + z_i^2)^k = r_i^{2k}.$$

Alors (3) devient

$$(5)\qquad \int\int_\sigma r^{2k} \left[\sum \frac{1}{\rho_i^{2k+3}}\right] (\alpha x + \beta y + \gamma z)\, d\sigma.$$

Cette somme de moments d'inertie est, on le sait, immédiatement associée à la somme des puissances d'ordre impair des racines de l'équation (4). Suivant cet ordre, l'expression (5) ne dépend que d'un certain nombre de termes commençant ou terminant le premier membre de (2).

Soit $k = -1$ et, pour surface (2), prenons la sphère

$$(6)\qquad r^2 - 2(ax + by + cz) + a^2 + b^2 + c^2 - R^2 = 0.$$

Alors (5) devient

$$(7)\qquad 2\int\int_\sigma \frac{ax + by + cz}{r^4} (\alpha x + \beta y + \gamma z)\, d\sigma = \int_C \frac{1}{r^2} \begin{vmatrix} dx & dy & dz \\ a & b & c \\ x & y & z \end{vmatrix}.$$

En multipliant par $2R$, on retrouve la différence des aires sphériques découpées sur (6) par le cône OC.

Ce résultat, dû à M. G. Humbert [1], semble interprété ici d'une manière indirecte l'un des membres de (7) représentant la somme abélienne des moments d'inertie, pris par rapport à O, de doubles couches étendues sur les cloisons sphériques en question quand la densité, en P, varie en raison inverse du carré de la distance OP.

Mais ce langage indirect n'est pas sans avantages. D'abord il fait, à nou-

---

[1] G. Humbert, *Journal de Mathématiques*, 1888. — A. Buhl, *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1914.

veau, rentrer le résultat de M. Humbert dans la famille des théorèmes abéliens. Ensuite ce même résultat est immédiatement étendu aux surfaces d'équation

$$(x^2+y^2+z^2)^p-(ax+by+cz)(x^2+y^2+z^2)^{p-1}+\ldots=0, \tag{8}$$

où les termes de degrés inférieurs à $2p-1$ sont quelconques.

Si, sur la surface (8), *on étend une double couche, de densité en* P *inversement proportionnelle à* $\overline{\mathrm{OP}}^2$, *et si l'on transperce la surface par un cône* OC, *le moment d'inertie, par rapport à* O, *de l'ensemble des doubles cloisons intérieures au cône, s'exprime par l'un des deux membres de* (7).

Pour $p=1$, on a le résultat de M. Humbert relatif à la sphère et interprétable avec la notion d'aire.

Pour $p=2$, le théorème est étendu aux cyclides quelconques.

On pourrait évidemment particulariser (3) de bien d'autres manières. On pourrait aussi énoncer les choses, non dans le langage de la géométrie des masses, mais dans celui de la théorie du potentiel; jusqu'ici j'ai préféré le langage qui s'éloigne aussi peu que possible de celui de la géométrie.

MÉCANIQUE. — *Sur la mesure des actions dynamiques rapides et irrégulièrement variables*. Note [1] de M. L. **Schlussel**, présentée par M. Hadamard.

Depuis longtemps, on cherche à mesurer, par un moyen simple et pratique, les actions dynamiques rapides et irrégulièrement variables de systèmes matériels dont il est impossible d'observer le mouvement par rapport à des repères fixes ; tels sont : les chocs des roues aux joints des rails, les oscillations des ponts, les vibrations de massifs, etc.

Le pendule d'inertie a été pour ces usages le point de départ de la construction de nombreux appareils.

Tous ces pendules appliqués à de pareilles mesures présentent des complications qui en rendent l'emploi peu pratique et se ressentent surtout de la difficulté *d'immobiliser une masse d'inertie de manière absolue pendant un temps assez long*, alors que la réalisation de cette condition permet seule

---

[1] Séance du 11 mars 1918.

l'enregistrement exact des mouvements du support et la réalité des mesures qui en découlent.

Or *cette immobilisation absolue existe naturellement*, elle est parfaitement réalisée pendant la durée de l'inertie d'une masse équilibrée par un ressort, lorsque cette masse partant du repos est soumise à une action dynamique naissante.

Cette durée d'inertie est généralement assez faible il est vrai, mais il suffit qu'elle soit supérieure à la durée des actions à mesurer, ce qui s'obtient aisément, car, la durée d'inertie d'une masse équilibrée ne dépendant que de son temps d'oscillation propre, il est toujours possible de prolonger ce temps au delà de celui de l'action dynamique la plus longue en modifiant la flèche statique (f_v) de cette masse équilibrée.

Dès que l'inertie est vaincue, *cette masse équilibrée*, au lieu de suivre son mouvement propre seulement, reçoit, à chacun des chocs ou des changements de sens du mouvement du support, une accélération qui modifie l'accélération propre primitive ainsi que son chemin et, synchronisant alors son mouvement ou ses oscillations avec celui du support, s'arrête avec lui, aussi rapidement que lui et, comme lui, est toujours prête à recevoir une nouvelle action, contrairement à l'opinion assez répandue de la continuation d'un mouvement propre rendant impossible l'enregistrement d'une action suivante survenant rapidement.

La durée de l'inertie θ d'une masse équilibrée par un ressort fléchi de (f_v) sous le poids de cette masse au repos, dont le temps de la période est $t = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{f_v}}}$, varie avec la loi du mouvement du support.

Si le mouvement du support est uniformément accéléré,

$$\theta = \sqrt{\frac{2 f_v}{g}} = \frac{t\sqrt{2}}{2\pi}.$$

Si ce mouvement est périodique,

$$\theta = \frac{\sqrt{\mathrm{T}t}}{4},$$

où T est le temps de la période du support, t restant celui de la masse équilibrée évoluant librement.

Pendant le temps d'immobilisation absolue θ, *le chemin parcouru par le*

support et suivi par la bande s'enregistre lui-même suivant la loi de son mouvement par une flèche f_d en sens inverse de ce mouvement.

L'inertie ne cesse que lorsque l'accélération du support et celle de la masse équilibrée (masse-plume) sont égales, *c'est le point précis où le graphique change de direction.*

Si le mouvement du support est uniformément accéléré, la flèche f_d enregistrée reste constante comme l'accélération qui l'a produite et le graphique présente alors la figure 1, jusqu'à l'instant d'un choc (c).

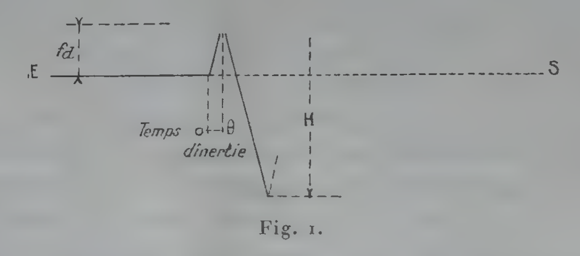


Fig. 1.

Si le mouvement du support est périodique, la flèche enregistrée f_d, ne pouvant plus croître puisque sa vitesse relative s'annule, décroît donc et le graphique se présente alors comme l'indique la figure 2.

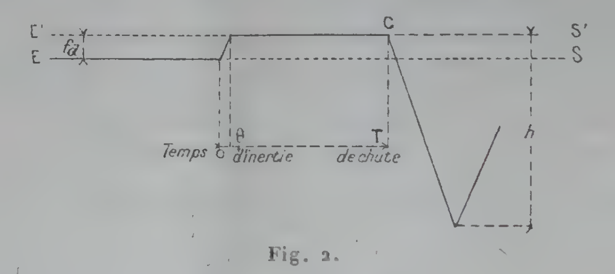


Fig. 2.

La condition nécessaire de la mesure est l'absence de tous frottements ou résistances passives entre la masse inerte munie d'une plume en son centre de gravité et la bande qui suit le mouvement du support; c'est alors la résistance du ressort qui, par sa seule flexion due au chemin parcouru par son encastrement (chemin égal à celui du support), modifie l'état de la masse équilibrée en la faisant passer pendant sa période d'inertie du poids $P = mg$, qu'elle avait au repos, au poids $P' = m(g - \gamma)$ nécessaire au mouvement de cette masse sous l'accélération du support γ.

Cette condition nécessaire, *nous la réalisons avec le « dynamètre »* (voir schéma), dont la plume se meut dans un plan parallèle à celui de la bande, sans autre contact qu'une minime épaisseur d'encre à la glycérine.

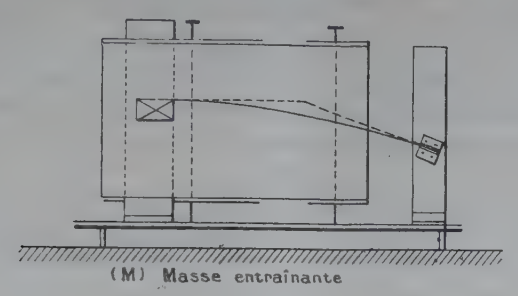


Fig. 3.

Des expériences nombreuses et variées *d'actions dynamiques déterminées théoriquement à l'avance*, nous ont toujours permis de constater l'exactitude des mesures faites d'après les graphiques enregistrés sous ces actions.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Théorie nouvelle relative aux effets du vent sur les ponts en poutres droites.* Note (¹) de M. **Bertrand de Fontviolant.**

Ponts à voie inférieure, à un seul contreventement, avec entretoisements transversaux sur les appuis et dans le cours. — La méthode usuelle de calcul des effets du vent sur ces ponts est la suivante :

Soient :

f la poussée du vent sur le train, par mètre courant, h sa hauteur au-dessus du plan du contreventement;

f' la poussée du vent sur la construction, par mètre courant, h' sa hauteur au-dessus du plan du contreventement;

a l'écartement des poutres du pont, d'axe en axe.

On remarque d'abord que les entretoisements transversaux transmettent :

1° A la poutre *aval* (poutre ne recevant pas l'action directe du vent), une charge verticale $p = \frac{fh + f'h'}{a}$, par mètre courant;

(¹) Séance du 11 mars 1918.

2° A la poutre *amont*, une force verticale $-p$, par mètre courant;

3° A la poutre de contreventement (poutre horizontale formée par les membrures inférieures du pont et le contreventement), une force horizontale $p' = f + f'$.

Puis on calcule les efforts produits dans les membrures et treillis de la poutre aval, dans les membrures et treillis de la poutre amont et dans les membrures et diagonales de la poutre de contreventement, respectivement par les forces p, $-p$ et p'. Enfin, on superpose les efforts ainsi trouvés dans les deux membrures inférieures du pont, chacune de ces membrures étant commune à la poutre de contreventement et à l'une des deux poutres aval et amont.

Dans la méthode usuelle dont il s'agit, le calcul de ces efforts est effectué comme si les trois poutres précitées étaient entièrement libres, alors qu'en réalité chacune des deux poutres aval et amont est solidaire des diagonales de la poutre de contreventement et celle-ci est solidaire des treillis des deux poutres aval et amont. Or rien ne prouve *a priori* que les forces de liaison résultant de cette solidarité sont sans influence sur la répartition des efforts entre les divers éléments du pont. Il nous a donc paru nécessaire de démontrer qu'il en est bien ainsi, afin de justifier la méthode usuelle. Cette démonstration découle de la théorie qui fait l'objet de la présente Note, théorie où sont mises en évidence les forces de liaison.

Ponts à voie inférieure, à deux contreventements, avec entretoisements transversaux sur les appuis seulement. — La méthode usuelle de calcul des ponts de ce type prête à la même critique que celle concernant les ponts dont il vient d'être question.

Nous démontrons : 1° que dans ceux à une seule travée, les forces de liaison sont sans influence sur la répartition des efforts et que, par suite, la méthode usuelle est valable; 2° que, dans ceux à travées continues, il en est de même en ce qui concerne les efforts dans les membrures, mais que, par contre, les forces de liaison influent sur les valeurs des efforts dans les treillis des poutres aval et amont et dans les diagonales des deux contreventements; nous donnons les expressions exactes de ces derniers efforts, en rectification de la méthode usuelle.

Ponts à voie supérieure ou inférieure, à deux contreventements, avec entretoisements transversaux sur les appuis et dans le cours. — Les méthodes les plus diverses ont été employées jusqu'à présent pour le calcul de ces ponts. Toutes reposent sur des hypothèses arbitraires, concernant le mode de répartition des efforts entre le contreventement supérieur et le contreventement inférieur.

La théorie dont il est question ici est affranchie de telles hypothèses : elle admet exclusivement l'invariabilité des dimensions des sections transversales du pont, invariabilité qui se justifie pour les ponts en poutres droites, avec entretoisements transversaux du cours, par les mêmes raisons que pour les ponts en arcs ([1]).

Nous établissons qu'on peut, sans troubler l'équilibre du pont, supprimer les entretoisements transversaux du cours et retomber ainsi sur le cas étudié précédemment d'un pont avec entretoisements transversaux sur les appuis seulement, à condition d'appliquer, dans le plan de chacun des entretoisements supprimés : 1° une certaine force verticale Q, à la poutre aval; 2° une force $-$ Q, à la poutre amont; 3° une force horizontale $\frac{Qa}{b}$, à la poutre de contreventement supérieur; 4° une force $-\frac{Qa}{b}$, à la poutre de contreventement inférieur; b et a désignant respectivement la hauteur et l'écartement des poutres aval et amont; ces forces représentent les actions desdits *entretoisements* sur ces quatre poutres. La question est ainsi ramenée à la détermination des actions Q. Pour pouvoir la traiter par l'analyse infinitésimale, ce qui la simplifie considérablement, nous remplaçons les entretoisements transversaux du cours, qui sont toujours assez nombreux et assez rapprochés les uns des autres, par un nombre infini d'entretoisements transversaux infiniment rapprochés; dès lors, les actions concentrées Q se transforment en une action continue variable q. La condition qui détermine q est que, dans la déformation élastique du pont, toute section transversale de celui-ci conserve ses dimensions. Cette condition s'exprime par une équation différentielle en q dont l'intégration fournit l'expression générale de q. Les deux constantes que contient cette expression dépendent des sujétions d'appuis du pont considéré et de la distribution des poussées du vent; nous les avons déterminées d'abord pour les ponts à une seule travée, puis pour ceux à travées continues. Nous avons alors pu établir les formules générales exprimant, pour chacun de ces deux types de ponts : 1° les moments de flexion et les efforts tranchants dans la poutre aval (ceux produits dans la poutre amont sont égaux et de signe contraire à ceux dans la poutre aval); 2° les efforts tranchants dans le contreventement supérieur et dans le contreventement inférieur.

En ce qui concerne spécialement les ponts à travées continues, nous

([1]) *Théorie nouvelle relative aux effets du vent sur les ponts en arcs* (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 281).

montrons que les moments de flexion, sur trois appuis consécutifs, sont liés par une équation analogue à l'équation de Clapeyron, mais dont les coefficients sont des fonctions hyperboliques dépendant des dimensions des éléments constitutifs des poutres aval et amont et des contreventements. De cette équation des trois moments nous avons déduit une équation analogue à l'*équation des deux moments* de Maurice Levy.

HYDRAULIQUE. — *Sur les mouvements de l'eau dans les cheminées d'équilibre.* Note de M. **Denis Eydoux**, transmise par M. A. Blondel.

J'ai montré dans une Note précédente [1] que les cheminées d'équilibre transforment les conduites sur lesquelles elles sont montées en conduites ouvertes aux deux extrémités et ont pour résultat d'affaiblir d'une façon très considérable le coup de bélier d'onde et de le remplacer par une oscillation en masse dont on peut limiter l'amplitude, soit par le déversement, soit par l'augmentation de la section de la cheminée.

J'ai poursuivi ces études en vue de l'application aux usines avec long canal d'amenée en charge et j'ai envisagé particulièrement les mouvements de l'eau dus à l'oscillation.

1. *Fermeture brusque totale.* — En raison de la grande période de l'oscillation, il est suffisant d'envisager les fermetures brusques. Si le diamètre de la cheminée est assez grand, on peut négliger en pratique la perte de charge dans la cheminée vis-à-vis de celle qui se produit dans la conduite.

Si l'on désigne par m la quantité $H + \frac{l\omega}{s}$, où H et ω sont la hauteur de la cheminée supposée verticale et sa section, et l et s la longueur et la section du canal en charge, et par a la quantité $\frac{u_0}{\sqrt{mg}}$, où $u_0 = v_0 \frac{s}{\omega}$, v_0 étant la vitesse initiale dans la conduite, on trouve, en négligeant d'abord la perte de charge, que la montée maximum x_1 et la descente maximum x_2 sont données approximativement par les formules :

$$x_1 = \quad ma + m\left[\frac{1}{3}a^2 + \frac{1}{36}a^3\right],$$
$$x_2 = -ma + m\left[\frac{1}{3}a^2 - \frac{1}{36}a^3\right].$$

[1] *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 346.

Si l'on tient compte de la perte de charge, supposée proportionnelle au carré de la vitesse, et si l'on pose

$$j_0 = \frac{\lambda u_0^2}{2g},$$

j_0 étant la perte de charge pour la vitesse v_0, la montée maximum x_1 est donnée par la racine positive de l'équation

$$(m - \lambda x)(m + x)^\lambda - \left(m - \frac{\lambda u_0^2}{2g}\right)^{\lambda+1} = 0$$

et la descente maximum x_2 par la racine négative de l'équation

$$(m + \lambda x)(m + x_1)^\lambda - (m + \lambda x_1)(m + x)^\lambda = 0.$$

On pourra les résoudre par approximations successives; mais si j_0 est petit par rapport à ma, on aura les formes approchées particulièrement simples :

$$x_1 = ma - \frac{ma^2}{3} - \frac{2}{3} j_0,$$

$$x_2 = - ma + \frac{ma^2}{3} + 2 j_0.$$

II. *Fermeture brusque partielle.* — Si la vitesse passe de la valeur v_0 à la valeur $v_0(1 - n)$, c'est-à-dire si l'on ramène le débit à n fois sa valeur primitive, $n < 1$, on trouve, toujours avec les mêmes hypothèses,

$$x_1 = ma(1 - n) - \frac{2}{3} j_0 (1 - n)^2 - \frac{5n(1 - n)}{12 H_0} m^2 a^2,$$

où H_0 est la hauteur de chute *totale* mesurée au distributeur.

H_0 peut être beaucoup plus grand que H si la cheminée s'insère très loin au-dessus du distributeur. Je n'ai pas calculé x_2 qui est beaucoup moins important pour fixer les dimensions pratiques des cheminées.

III. *Ouverture brusque totale.* — L'équation de continuité ne permet pas de fixer les conditions initiales, l'écoulement étant nul au début. Si l'on étudie alors le phénomène en se servant des coups de bélier par ondes, on voit que le débit initial tend à être fourni par la cheminée, la vitesse dans la conduite tendant vers zéro.

L'équation de continuité sera alors remplacée par $\omega u_0 = c\sqrt{2gH_0}$. Si,

alors, dans l'établissement des équations, on néglige x devant m, ce qui est presque toujours possible en pratique, on trouve

$$x_2 = -ma + \frac{2}{3} j_0 + \frac{5}{12} \frac{m^2 a^2}{H_0}.$$

La montée consécutive étant moins forte que la première montée, dans le cas d'une fermeture totale, sa détermination ne présente pas d'intérêt.

IV. *Cas de plusieurs cheminées.* — On pourra, par un procédé semblable à celui qu'a employé M. Camichel [1], déterminer les nouvelles périodes des mouvements, mais les équations de continuité ne suffisent plus pour fixer les conditions initiales. En numérotant les cheminées de l'aval vers l'amont et en supposant la conduite de diamètre constant, on a, en effet, pour une fermeture totale,

$$\begin{aligned} S v_1 &= \omega_1 u_1 + S v_2, \\ S v_2 &= \omega_2 u_2 + S v_3, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots \\ S v_n &= \omega_n u_n. \end{aligned}$$

On connaît v_1; on a à définir $n - 1$ quantités v et n quantités u et l'on ne dispose que de n équations.

Les hypothèses faites sont insuffisantes et, comme dans le cas d'une ouverture, il faudrait recourir à l'étude du mouvement par ondes pour définir ces conditions initiales. On se rend ainsi compte de la complexité du problème.

Il y a une analogie très grande avec la résistance des matériaux où, dans le cas de systèmes isostatiques et complets, les équations ordinaires de la Mécanique rationnelle suffisent pour définir les efforts, tandis que, pour les systèmes hyperstatiques et surabondants, il faut faire intervenir les équations de déformation.

---

(1) *Comptes rendus*, t. **161**, 1915, p. 343.

SPECTROSCOPIE. — *Sur un nouveau procédé d'analyse quantitative.* Note [1] de M. **Alberto Betim Paes Leme.**

Les essais quantitatifs, en spectrochimie, basés uniquement sur l'intensité variable des raies semblent avoir généralement échoué. Dans la technique de l'arc voltaïque, comme source d'émission, ces échecs paraissent dus à la *volatilisation fractionnée* qui se produit, l'ordre de vaporisation des divers éléments étant d'ailleurs variable suivant les circonstances. Il est clair, en effet, que pour un temps de pose limité, la matière n'étant pas totalement volatilisée, les premiers éléments partis donneraient des raies relativement plus intenses. Au contraire, pour une pose assez longue, nécessaire à la volatilisation complète d'une quantité appréciable de matière, dans la limite restreinte d'un seul spectrogramme, les raies auraient souvent acquis une trop forte intensité, ce qui exclut toute sensibilité comme le prouve l'expérience.

Afin d'éviter cet écueil, nous avons imaginé le procédé suivant :

Dans le spectrographe Féry, dont nous nous servons, il y a un écran qui cache la plaque photographique. Dans cet écran se trouve pratiquée une ouverture horizontale à bords parallèles. Lorsque l'écran se déplace verticalement dans son plan, il découvre sur la plaque six bandes correspondant à six arrêts dans la course de l'écran, ce qui permet de faire six spectres juxtaposés.

Ayant considérablement rétréci l'ouverture horizontale, nous imprimons à l'écran un *mouvement vertical continu* à vitesse constante v pendant la durée de la vaporisation dans l'arc d'une masse connue M d'un corps minéral donné.

Si e est la distance verticale parcourue par l'ouverture, au temps t, à partir du bord supérieur du spectrogramme, nous aurons

$$e = vt;$$

e exprime donc le temps.

Si la largeur de l'ouverture est d, en faisant $\frac{d}{v} = 1$, nous pourrons dire que chaque point du cliché aura subi une pose égale à l'unité de temps.

Ceci posé, représentons un des éléments du minéral par une de ses raies, adoptée une fois pour toutes.

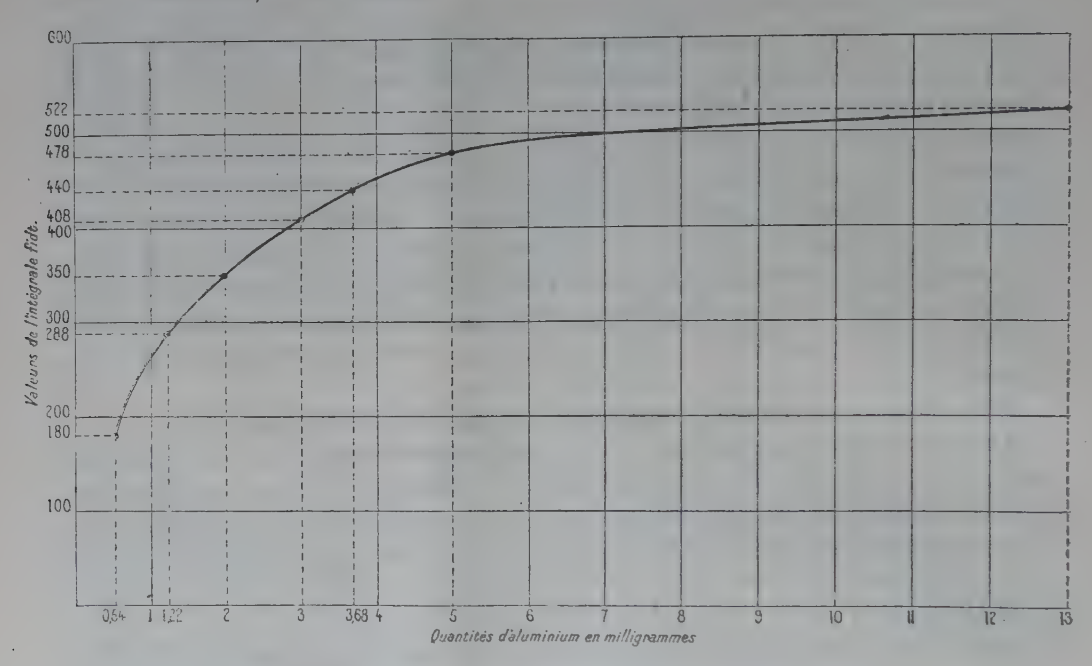
Nous verrons, dans le spectrogramme obtenu, cette raie s'étendre de e_1

---

(1) Séance du 11 mars 1918.

à e_2. Le temps que l'élément en question aura mis à distiller sera représenté par $e_2 - e_1$.

D'autre part, soit à un moment donné p la quantité d'élément débitée pendant l'unité de temps. p est certainement fonction de l'intensité i de la raie considérée, à ce moment.



Courbe de l'aluminium en milligrammes pour la raie 3082,3 U. A.

Conditions d'expérience : vitesse, 30s par millimètre; intensité de courant, 13 ampères; voltage, 110 volts; écartement des charbons, 6mm.

Admettons pour plus de simplicité qu'il s'agisse d'une fonction linéaire

$$p = ki + C.$$

Si nous traçons une courbe ayant pour abscisses les valeurs de t ou de e et pour ordonnées les valeurs de i, qui nous sont données par notre spectrogramme, l'aire embrassée par cette courbe sera

$$S = \int_{e_1}^{e_2} i\, de = \frac{1}{k}\int_{t_1}^{t_2} p\, dt - \frac{C}{k}(t_2 - t_1),$$

$$M = \int_{t_1}^{t_2} p\, dt = kS + C(t_2 - t_1),$$

car la quantité totale de l'élément distillé, c'est-à-dire l'intégrale du débit, est égale à M. Nous avons donc une mesure de cette quantité.

Il faut, bien entendu, opérer toujours dans des mêmes conditions (température de l'arc, ouverture de fente, distance de l'arc à la fente, etc.), de façon à déterminer une fois pour toutes les valeurs de k et c, pour les différents éléments et pour la raie type adoptée pour ces éléments.

Une des principales difficultés dans la mise au point du procédé s'est trouvée dans la mesure des intensités lumineuses des raies photographiées. Nous le faisons, d'ailleurs d'une manière imparfaite, en mesurant l'étalement des raies à l'aide d'un oculaire micrométrique.

Afin de déterminer les constantes de chaque élément nous avons calculé l'aire correspondante $\int i\,dt$ pour des quantités connues de cet élément et nous avons ainsi tracé la courbe correspondante.

Dans ce calcul nous avons négligé le terme $c(t_2 - t_1)$, lequel nous paraît négligeable pour les raies sensibles, les valeurs de c étant très petites. C'est en effet la valeur du débit avant l'apparition de la raie.

La courbe ci-contre est celle de l'aluminium, les abscisses étant les masses en milligrammes de cet élément et les ordonnées les valeurs de $\int i\,dt$.

La raie considérée est celle de longueur d'onde 3082,3 U. A.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de préparation de la monométhylaniline et de la diméthylaniline, par catalyse.* Note de MM. **Alphonse Mailhe** et **F. de Godon**.

On sait que la diméthylaniline est un produit intermédiaire employé pour la fabrication d'un grand nombre de colorants artificiels. La monométhylaniline est moins utilisée. La préparation industrielle actuelle de ces deux bases consiste dans l'alcoylation de l'aniline à l'aide du méthanol. On chauffe l'aniline et l'alcool méthylique avec de l'acide chlorhydrique ou de l'acide sulfurique, dans des autoclaves, à 180° pour la monométhylaniline, à 230°-235° pour la diméthylaniline, ce qui a pour effet de faire monter la pression 35-30 atmosphères. La réaction terminée, on chasse le contenu de l'autoclave, à l'aide d'air comprimé, dans une chaudière contenant de la soude, pour libérer la base qui est soumise à un entraînement

par la vapeur d'eau, puis à une rectification. Si l'on remarque que le mélange d'alcool et d'acide sulfurique doit être préparé à l'avance dans des conditions spéciales et que la charge et le chauffage des appareils exigent certaines précautions, on voit la technique assez longue de cette opération.

Les réactions de formation de ces deux bases secondaire et tertiaire, à partir de l'alcool méthylique et de l'aniline, peuvent être considérées comme des réactions de déshydratation :

$$C^6H^5NH^2 + CH^3OH = C^6H^5NHCH^3 + H^2O,$$
$$C^6H^5NH^2 + 2CH^3OH = C^6H^5N(CH^3)^2 + 2H^2O.$$

Nous avons pensé qu'en soumettant le mélange d'aniline et d'alcool méthylique, à l'action d'un oxyde métallique déshydratant, à une température convenable, on pourrait diriger la réaction dans le sens indiqué par les formules précédentes. C'est ce que l'expérience nous a démontré.

En dirigeant un mélange de vapeurs d'aniline et de méthanol sur de la thorine, chauffée entre 400°-450°, nous avons obtenu une notable proportion de mono- et de diméthylanilines. Mais une partie de l'aniline n'a pas été transformée.

La zircone, ZrO^2, s'est comportée à peu près comme l'oxyde de thorium, ThO^2.

L'alumine nous a paru convenir le mieux pour effectuer cette préparation des bases secondaire et tertiaire. En dirigeant sur ce catalyseur, chauffé vers 400°-430°, un mélange d'aniline et d'un petit excès de méthanol, nous avons obtenu du premier coup un mélange de monométhylaniline et de diméthylaniline, ne contenant que des traces insignifiantes d'aniline.

Dans cette réaction, une faible quantité de méthanol est détruite sous forme d'oxyde de méthyle. L'excès est condensé avec les bases et peut être récupéré par rectification. Lorsque la transformation totale du mélange aniline-alcool est effectuée, on sépare par décantation l'eau et l'alcool des bases libres, qu'il suffit de soumettre à la distillation. On obtient dans ce traitement un mélange d'anilines monométhylée et diméthylée.

Il était important de voir si l'on pouvait pousser la méthylation de la monométhylaniline, afin de la transformer totalement en diméthylaniline. A cet effet, un mélange de monométhylaniline et d'alcool méthylique a été

dirigé en vapeur sur de l'alumine, chauffée entre 400°-450°. La base secondaire s'est transformée en base tertiaire.

Dans ces opérations, l'alumine devient, au bout d'un certain temps, un peu jaune, puis brune. Son pouvoir catalytique diminue légèrement. Une simple calcination suffit pour lui faire reprendre sa couleur blanche en même temps que son activité.

On voit par quel procédé simple on peut arriver à la préparation de ces deux bases importantes. Le travail est réduit au minimum, et n'exige plus l'emploi des fortes pressions et des acides qui finissaient par attaquer les autoclaves en fonte. Cet inconvénient était évité depuis quelque temps par l'emploi d'autoclaves en acier coulé doublé d'une garniture émaillée. En outre, on évite l'emploi de l'air comprimé, de l'acide sulfurique, de la soude et l'entraînement par la vapeur d'eau.

Tandis que dans la fabrication actuelle l'aniline doit être très pure et ne doit pas contenir plus de 0,5 pour 100 d'eau, que l'alcool méthylique doit être exempt d'acétone qui, en raison de sa grande volatilité, soumet les appareils à des pressions élevées, dans notre nouvelle méthode l'aniline peut contenir une certaine quantité d'eau, et la présence d'une dose d'acétone assez élevée dans l'alcool méthylique n'a pas d'inconvénients.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide iodhydrique sur la cinchonine et sur ses isomères : la cinchoniline, la cinchonigine et l'apocinchonine.* Note de M. E. **Léger**, présentée par M. Ch. Moureu.

En chauffant la cinchonine avec HI (densité 1,7) Ed. Lippmann et F. Fleissner [1] obtinrent le bibromhydrate d'une base $C^{19}H^{23}IN^{2}O$: l'hydroiodocinchonine. Les mêmes auteurs reconnurent que la base hydroiodée peut se combiner avec $2HCl$ ou $2NO^{3}H$ pour donner des sels cristallisés.

Skraup, seul ou avec Zweiger [2], ayant obtenu les produits d'addition

---

(1) *D. d. chem. Gesell.*, t. 24, p. 2827.

(2) *Monat. f. Chem.*, t. 20, p. 571, et t. 21, p. 535.

de HI à la cinchoniline et à la cinchonigine, affirmèrent que ces deux produits étaient semblables entre eux et à l'hydroiodocinchonine. Il résulte cependant de leurs expériences que l'hydroiodocinchoniline fond à 162°-163° et l'hydroiodocinchonigine à 154°, ce qui ne permet guère de conclure à l'identité des deux bases.

Il m'a donc paru utile de reprendre l'examen de cette question, en faisant intervenir comme criterium les déterminations polarimétriques.

Les biiodhydrates des quatre bases hydroiodées étudiées dans cette Note se ressemblent entièrement : ce sont de petits prismes jaunes, peu solubles dans l'eau ou l'alcool à 50°, retenant 1^{mol} d'eau de cristallisation qu'ils perdent à 110° et reprennent par exposition à l'air.

Dans ces sels, ainsi que dans les bichlorhydrates et les biazotates correspondants, on peut doser l'acide salifiant par volumétrie, en présence de phénolphtaléine.

Pour obtenir les bases hydroiodées, il est indispensable de verser peu à peu la quantité théorique d'alcali nécessaire à la saturation sur les sels mis en suspension dans l'alcool.

Les quatre bases hydroiodées se ressemblent; ce sont des lamelles microscopiques, incolores, minces, allongées, insolubles dans l'eau, peu solubles dans l'alcool faible, plus facilement solubles dans l'alcool fort ou le chloroforme.

Par fusion rapide, en tube de verre, elles se ramollissent plutôt qu'elles ne fondent, entre 153° et 156° (corrigé), avec décomposition. Les bichlorhydrates et les biazotates s'obtiennent en ajoutant aux bases hydroiodées humides un excès de HCl ou de NO^3H convenablement dilué. Il y a dissolution partielle et formation d'un précipité cristallin. On purifie par cristallisation dans l'alcool à 50°.

Les quatre bichlorhydrates forment de petits prismes jaune pâle, anhydres, dont la solubilité dans l'eau ou l'alcool dilué, assez faible, est cependant plus forte que celle des biiodhydrates.

J'ai préparé les biazotates d'hydroiodocinchonine, d'hydroiodocinchoniline et d'hydroiodocinchonigine. Ces sels forment des aiguilles prismatiques incolores, anhydres; celles du dernier sel sont plus courtes que celles des deux premiers. Ces trois biazotates sont plus solubles dans l'eau que les bichlorhydrates, surtout à chaud.

Les biiodhydrates, se prêtant mal aux déterminations polarimétriques, à cause de leur couleur et de leur faible solubilité, j'ai opéré sur les bichlor-

hydrates et les biazotates, mis en solution aqueuse, à une dilution voisine de 1 pour 100.

Voici les résultats obtenus :

	α_D.
Bichlorhydrate d'hydroiodocinchonine.......	$+189^\circ,2$; $+189^\circ$
» d'hydroiodocinchoniline.....	$+189,2$
» d'hydroiodocinchonigine.....	$+170,5$
» d'hydroiodapocinchonine.....	$+172,7$

De l'examen de ce Tableau il ressort que nous retrouvons ici les deux groupes de composés signalés à propos des bibromhydrates des bases hydrobromées. La théorie qui a été développée au sujet de la formation des bases hydrobromées s'applique également aux bases hydroiodées [1].

Le pouvoir rotatoire des composés du premier groupe se maintient invariable si l'on fait recristalliser les biiodhydrates et qu'on reprenne le pouvoir rotatoire des bichlorhydrates préparés à l'aide des hydroiodobases qu'ils fournissent.

Il en est de même si l'on soumet à une nouvelle action de HI, pendant 12 heures, à 100°, les biiodhydrates des bases hydroiodées du second groupe. Le bichlorhydrate correspondant a donné dans un cas $+169^\circ,2$, alors qu'avant ce nouveau chauffage du biiodhydrate on avait noté $\alpha_D = +170^\circ,5$.

L'acide HI ne donne pas seulement avec la cinchonine et la cinchoniline une base hydroiodée dont le bichlorhydrate possède un $\alpha_D = +189^\circ,2$. Des eaux mères hydro-alcooliques d'où les biiodhydrates ont cristallisé, il m'a été possible de retirer deux autres biiodhydrates, peu abondants du reste. Les bichlorhydrates correspondants ont donné $\alpha_D = +171^\circ,8$ dans le cas de la cinchonine et $+168^\circ,5$ dans le cas de la cinchoniline. Ces nombres ne sont pas seulement très voisins, ils se rapprochent encore des nombres $+170^\circ,5$ et $+172^\circ,7$ fournis par les bichlorhydrates d'hydroiodocinchonigine et d'hydroiodapocinchonine. On peut admettre que ces quatre sels sont identiques. Je propose de nommer *hydroiodapocinchonine* la base qu'ils renferment, tandis que la base hydroiodée correspondant à la cinchonine et à la cinchoniline conserverait le nom d'*hydroiodocinchonine*.

Si l'on compare l'action de HI sur la cinchonine et sur la cinchoniline à celle de HBr sur les mêmes bases, on constate, à la fois, une ressemblance

---

[1] Voir *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 255.

et une différence : une ressemblance en ce que, dans les deux cas, il y a production accessoire de cinchonigine et d'apocinchonine.

Dans l'action de HBr, ces deux bases se trouvent non modifiées dans les eaux mères bromhydriques de la préparation de l'hydrobromocinchonine, tandis que, dans l'action de HI, elles sont transformées en hydroiodapocinchonine. Ceci tient à ce que l'apocinchonine et la cinchonigine fixent beaucoup plus rapidement HI que HBr et à ce que le produit d'addition ainsi formé résiste à l'action ultérieure de HI.

C'est pour la même raison que l'action de HI sur la cinchonigine et sur l'apocinchonine ne donne pas d'hydroiodocinchonine comme HBr, agissant sur les deux mêmes bases, donne de l'hydrobromocinchonine avec seulement une petite quantité d'hydrobromapocinchonine. La transformation stéréochimique qui, sous l'influence de HBr, fournit la cinchoniline, productrice d'hydrobromocinchonine, ne se produit donc pas avec HI. Il y a simplement fixation de HI sur la cinchonigine ou l'apocinchonine, bases qui ont même arrangement stérique avec des structures différentes [1].

L'examen des pouvoirs rotatoires des biazotates a donné :

	α_D.
	°
Biazotate d'hydroiodocinchonine...........	+169,1
Biazotate d'hydroiodocinchoniline...........	+161,5
Biazotate d'hydroiodocinchonigine...........	+126

On voit que le dernier sel possède un pouvoir rotatoire notablement inférieur à celui des deux autres. La division des bases hydroiodées en deux groupes se trouve donc ici encore une fois justifiée.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence d'une nappe triasique indépendante dans le bassin du Sebou (Maroc).* Note de MM. **L. Gentil**, **M. Lugeon** et **L. Joleaud**, présentée par M. Émile Haug.

La région prérifaine est formée par des nappes empilées, qui se succèdent dans l'ordre suivant, de haut en bas : nappe du Tselfatt, nappe du Zerhoun, nappe de l'Outitâ, nappe du Nador.

Il est possible que des études détaillées y révèlent, dans l'avenir, l'existence de nouveaux éléments tectoniques. C'est ainsi, par exemple, que la montagne du Zalar', qui domine Fez, peut être envisagée comme l'émergence,

(1) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 255.

redressée jusqu'à la verticale, d'une nappe liasique dont le pli frontal serait détruit. Mais nous ne pouvons dire s'il s'agit là d'une nappe indépendante ou simplement du prolongement vers l'est de l'une de celles que nous avons définies précédemment.

D'ailleurs on ne doit pas perdre de vue que les phénomènes de charriage qui nous occupent se poursuivent dans le Maroc oriental, au delà de Taza, comme l'un de nous l'a démontré ([1]). Ainsi donc il n'existe pas de solution de continuité entre les grandes masses de recouvrement dont nous venons de montrer l'existence dans le bassin du Sebou et les nappes qui s'étalent sur toute la zone littorale du Tell algéro-tunisien.

Au cours de nos explorations, notre attention a été plus particulièrement retenue par la présence, en situation anormale, de masses triasiques, parfois très étendues et toujours en relation tectonique avec les marnes helvétiennes.

Diverses hypothèses ont été émises pour expliquer la présence inattendue de pointements triasiques apparaissant dans des terrains d'âges variés, en Algérie et en Tunisie. Mais ici le doute n'est pas permis sur l'origine de ces affleurements de marnes bariolées et de gypses salifères : nous nous trouvons dans un régime de nappes et il apparaît clairement que le Trias, comme les autres terrains secondaires ou tertiaires, prend part à la structure tectonique du pays. Nous ajouterons même qu'il joue dans l'architecture de ces régions un rôle prépondérant.

Quelques exemples suffiront à le démontrer.

Le front émergeant de la nappe de l'Outitâ, plus ou moins disloqué par un champ de fractures, s'ennoye vers le nord. Au niveau de la plaine du R'arb, à Bab Tiouka, près de Petitjean, il s'enfonce sous de grandes masses de Trias formées de marnes irisées schisteuses, avec cristaux de gypse. Non seulement le Trias s'étale dans la zone d'ennoyage du front de la nappe, mais encore il déborde largement vers l'est sur les marnes helvétiennes du superstratum. On voit même le Burdigalien du flanc normal s'enfoncer sous les collines triasiques.

Le fait que ce Trias s'étale dans la région des marnes de l'Helvétien, niveau le plus récent soumis aux effets des charriages, indique que les affleurements triasiques jalonnent les noyaux synclinaux des nappes. Tantôt le Trias surmonte le Vindobonien, tantôt il lui est subordonné : il est donc pris dans les plis des marnes néogènes et comme enveloppé par les dépôts du deuxième étage méditerranéen.

([1]) L. Gentil, *Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 712; t. 151, 1910, p. 781; t. 156, 1913, p. 965, et *C. R. somm. séances Soc. géol. Fr.*, séance du 4 mars 1918.

Un autre exemple, non moins démonstratif, nous est offert par la vallée de l'oued Zegotta, où se montrent d'importants affleurements triasiques, formés de cargneules, de calcaires dolomitiques et de marnes gypso-salifères. Cette vallée correspond à une fenêtre creusée par l'érosion dans la nappe du Tselfatt. En effet, sur les hauteurs qui dominent le Zegotta à l'ouest, se dessine le pli frontal de la nappe, tandis que sur les collines du djebel ben Abit et du djebel Mesnara, qui se dressent à l'est, s'étale la nappe elle-même.

Nous avons indiqué que la nappe du Tselfatt repose sur les marnes helvétiennes; nous avons vu, également, qu'elle est supérieure à la nappe du Zerhoun, qui est ici cachée en profondeur; *le Trias ne peut donc être que pincé en un synclinal couché, étiré dans les marnes helvétiennes qui forment les coussinets des nappes prérifaines.*

Des faits analogues, toujours concordants, se répètent fréquemment dans la région. *Et cette allure des lambeaux de marnes helvétiennes démontre clairement l'existence d'une grande nappe triasique enveloppant les autres nappes.*

Ce Trias se reploye sur lui-même comme s'il était stratigraphiquement lié à l'Helvétien; il pénètre en noyaux synclinaux dans les coussinets des nappes prérifaines, *encapuchonnant*, en quelque sorte, le front de ces dernières.

La nappe triasique provient donc d'une région plus septentrionale que les autres. Elle a commencé à cheminer vers le sud avant elles et s'est étendue d'abord sur la zone d'où devaient sortir plus tard les nappes jurassiques. Puis elle a été reployée par ces dernières. Elle forme actuellement, à la fois, le superstratum et le soubassement de ces nappes jurassiques, et ce soubassement correspond à la première couverture tectonique des marnes helvétiennes du détroit.

La nappe triasique de la région prérifaine est donc la plus grande des nappes, celle dont l'extension primitive a été la plus considérable, puisqu'elle a dû recouvrir presque tout le détroit avant l'écrasement définitif de ce dernier.

M. Dussaud adresse une Note intitulée : *Effets calorifiques d'une source lumineuse intermittente et leur utilisation pour la production des signaux sonores.*

La séance est levée à 16 heures et quart.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE DÉCEMBRE 1917 (*suite et fin*).

Société chimique de France. *Le centenaire de Charles Gerhardt.* Supplément au *Bulletin de la Société chimique de France,* 1916; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Haller.)

La science du travail et son organisation, par le Dr JOSEFA IOTEYKO. Paris, Félix Alcan, 1917; 1 vol. in-16. (Présenté par M. Charles Richet.)

Ministère des Colonies. *Rapport général sur la mission de délimitation Afrique équatoriale française-Cameroun* (1912-1913-1914), par L. PÉRIQUET; tomes I, III et IV, avec un album de reproductions photographiques. Paris, Chapelot, 1915 et 1916; 4 vol. in-8°.

Lettres inédites de Josep Dombey (1785), par L. LEX. Extrait des *Annales de l'Académie de Mâcon* (3e série, t. XIX). Mâcon, Protat, 1917; 1 fasc. (Présenté par M. A. Lacroix.)

Annales de l'Institut océanographique. Tome VII, fascicule XI : I. *Étude du bathyrhéomètre et premiers résultats de son emploi;* II. *Adaptation du bathyrhéomètre à l'anémométrie*, par YVES DELAGE. Paris, Masson, 1917; 1 fasc. in-4°. (Présenté par l'auteur.)

Travaux et mémoires du Bureau international des poids et mesures, publiés sous les auspices du Comité international, par le directeur du Bureau; tome XVI. Paris, Gauthier-Villars, 1917; 1 vol. in-4°.

Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève. Vol. 38, fasc. 6 : *Monographie du genre* Melampyrum L., par G. BEAUVERD. Genève-Paris, Fischbacher, 1916; 1 vol. in-4°.

Les formations géologiques aurifères de l'Afrique du Sud, par RENÉ DE BONAND. Paris, Beranger, 1917; 1 fasc. in-8°.

L'origine de la lumière et sa fonction génératrice, par LOUIS-CHARLES-ÉMILE VIAL. Paris, Maloine, 1917; 1 fasc.

Étude sur l'organe de la vue, par A.-H. MERLAC. Toulouse, Passeman et Alquier, 1917; 1 fasc.

La sériciculture en pays tropical. Étude pratique d'acclimatation du ver à soie

du mûrier et du mûrier de Madagascar, par A. FAUCHÈRE. Paris, Challamel, 1917; 1 fasc. in-8°.

La chèvre et la tuberculose, par LOUIS CAPITAINE. Paris, Société nationale d'Acclimatation de France, 1919; 1 fasc. in-8°.

La préparation corporative à la guerre artistique et industrielle de demain avec l'Allemagne, par MARIUS VACHON. Paris, 1917; 1 fasc. in-8°.

Sur la dissymétrie de structure de la feuille du Mnium spinosum (Voit.) Schwägr., par JACQUES POTTIER. Berne, Büchler, 1917; 1 fasc. in-8°.

Report of the national Academy of sciences, for the year 1916. Washington, Government printing office, 1917; 1 fasc. in-8°.

Canada. Ministère des mines. Commission géologique. Mémoire 54 : *Liste annotée des plantes à fleurs et des fougères de la pointe Pelée, Ont., et des régions avoisinantes*, par C.-K. DODGE; — Mémoire 79 : *Gisements minéraux de la région de Beaverdell, C. B.*, par LÉOPOLD REINECKE; *Tourbe, lignite et houille*, par B.-F. HAANEL. Ottawa, Imprimerie du Gouvernement, 1917; 3 vol. in-8°.